ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 MAI 1944.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur une méthode physique d'extraction des radioéléments de bipartition des atomes lourds et mise en évidence d'un radiopraséodyme de période* 13 *jours*. Note (¹) de M. **Frédéric Joliot**.

L'identification des radioéléments qui prennent naissance lors de la bipartition des atomes lourds, U, Th, par exemple, sous l'action des neutrons lents ou rapides, a déjà donné lieu à de nombreux travaux. La méthode généralement employée concernant l'uranium consiste, après avoir irradié avec des neutrons un sel de ce métal primitivement débarrassé de l'uranium X, à le mettre en solution et à traiter celle-ci en vue d'extraire, après addition d'un entraîneur, l'élément ou le groupe d'éléments recherché. Cette méthode nécessite avant chaque irradiation la séparation de UX dont la forte activité serait fort gênante pour les identifications. Cette séparation n'est efficace que dans le cas des irradiations assez courtes, car pendant l'irradiation UX se reforme; 10 % de sa quantité maximum est atteinte après 3,7 jours et correspond, pour 10^g de nitrate d'urane, à environ 177 000 rayons β par minute dans l'angle solide 2π. En outre, la présence dans la solution d'une grande quantité de sel d'uranium est gênante pour effectuer certaines séparations chimiques, et il est toujours nécessaire de veiller à ne pas entraîner des petites quantités de cet élément dans les précipités. Au cas où les produits étudiés dérivent par filiation β de krypton et xénon, O. Hahn et E. Strassmann (²) irradient un composé uranifère de grand pouvoir émanateur et recueillent les dépôts actifs de Kr et Xe émanés. Cette méthode, très utile pour étudier les filiations, ne décèle pas les fragments, en dehors de ces gaz, provenant directement de la bipartition.

Depuis le début de 1941 j'emploie une méthode dont le principe repose sur le fait que les fragments violemment projetés lors des bipartitions explosives des atomes d'uranium sont capables de quitter des couches minces uranifères

---

(¹) Séance du 17 avril 1944.

(²) *Naturwiss.*, 28, 1940, p. 54.

et peuvent être recueillis sur un support. C'est d'ailleurs en mettant en évidence ces projections d'atomes que j'ai donné ([3]) une preuve de la bipartition explosive de l'uranium et du thorium. On réalise un empilement de disques de papier couverts d'une couche mince d'oxyde d'uranium, entre lesquels on interpose des disques de papier filtre. La pile est pressée dans une boîte cylindrique dont les dimensions sont de 10^{cm} sur 3^{cm} de hauteur pour un empilement de 100 disques uranifères et 50 papier filtre. Les couches d'oxyde sont préparées en versant sur les disques de papier à machine à écrire, placés dans un Büchner, une émulsion d'oxyde dans de l'alcool contenant un peu de gomme laque. Après égouttage et évaporation de l'alcool, les couches d'oxyde adhérentes ont des masses superficielles entre 5 et 7^{mg}; dans l'exemple précédent la surface totale utilisée de ces couches est 6090^{cm^2} et correspond à 37^g d'oxyde d'uranium.

Après une irradiation les papiers filtres, qui ont recueilli 20 % des produits de partition produits dans les 37^g d'oxyde, sont placés sur un filtre Büchner et lavés avec une solution chlorhydrique chaude 0,5 n. En 5 minutes de lavage, 85 % des produits recueillis passent en solution exempte de U et UX. Après séchage, les filtres peuvent être utilisés pour une nouvelle irradiation. Le rendement d'extraction des fragments de partition, au plus égal à 50 %, est évidemment fonction de l'épaisseur des couches d'oxyde; la quantité maximum extrayable est obtenue pour des épaisseurs au moins égales au parcours des fragments dans l'oxyde. La solution, contenant uniquement les radioéléments extraits, se prête à n'importe quelle séparation chimique. J'ai étudié quelques radioéléments de périodes dépassant la journée dans le groupe des alcalino-terreux et des terres rares. Je voudrais seulement dans cette Note reporter quelques résultats relatifs aux terres rares et à l'yttrium. La solution, correspondant à une exposition longue (dépassant 2 mois) aux neutrons produits par le cyclotron du Collège de France, est additionnée de chlorures de Ba, Sr, Y, La, Ce, environ 100^{mg} de chaque sel. Baryum et strontium ayant été extraits, on précipite tous les éléments insolubles en milieu alcalin. Le précipité d'hydrates est remis en solution très faiblement acide, et les terres rares, ainsi que l'yttrium, sont précipités par l'acide oxalique. Les terres yttriques sont séparées des terres cériques par précipitation de celles-ci à l'état de sulfate double de terre et potassium. La séparation étant incomplète, il faut recommencer 4 ou 5 fois pour obtenir en tête les terres cériques à 98 % et en queue l'yttrium pur. Le cérium est ensuite séparé des autres terres cériques par la réaction

$$6\,CeCl^3 + 2\,MnO^4K + 8\,H^2O \rightarrow 6\,CeO^2 + 2\,MnO^2 + 2\,KCl + 16\,ClH,$$

le réactif permanganate contenant juste la quantité de CO^3Na^2 nécessaire

([3]) *Comptes rendus*, 308, 1939, p. 341.

pour neutraliser l'acide chlorhydrique qui se forme au cours de la formation de CeO^2 insoluble. L'évolution de l'activité, pour plusieurs épaisseurs d'écrans absorbant les rayons β, a été suivie au compteur pour Y entre le 20ᵉ et le 300ᵉ jour, et pour Ce entre le 20ᵉ et le 750ᵉ jour après la fin de la séparation chimique. On a trouvé et précisé les périodes et énergies maximum des rayons β suivantes :

	Période.	$E_{max}\beta$.
Y.........	57 ± 1 jour	$1,75 \pm 0,05$ MeV
Ce........	16 ± 3 »	≈ 1 »
».........	290 ± 30 »	$2,97 \pm 0,05$ »

Pour ce dernier élément, de période très longue, les mesures au compteur se prêtent mal à une détermination précise. Il est en effet fréquent que les tubes compteurs subissent des modifications ou même une détérioration au cours de mesures s'échelonnant sur une durée de plus d'un an. J'ai récemment préparé des quantités de ces radioéléments suffisantes pour suivre leur évolution par une méthode absolue électrométrique.

La fraction séparée avec le lanthane fit apparaître dans une première expérience une substance non encore signalée, de période 13 jours, sur la nature de laquelle il était difficile de se prononcer. O. Hahn et E. Strassmann [4] signalèrent l'existence de cette période sans indiquer la nature de l'élément.

La préparation par la méthode décrite ci-dessus d'une quantité importante de cet élément m'a permis de montrer qu'il s'agit d'un praséodyme. Au chlorure de lanthane contenant l'activité, on ajoute une quantité égale de chlorure de praséodyme et l'on procède à une précipitation fractionnée par l'acide oxalique en milieu de moins en moins concentré en acide chlorhydrique. L'activité par milligramme de précipité décroît en même temps que l'acidité du milieu d'où il provient; ces activités, pour 4 précipités, sont comme 41; 37,1; 24,5; 17,5, indiquant que l'élément n'est pas un lanthane, lequel précipite de préférence dans le milieu le moins acide. Une opération analogue, faite en ajoutant dans le précipité riche en praséodyme et le plus actif du chlorure de néodyme, montre cette fois que l'activité accompagne le praséodyme. Les activités par milligramme de précipité sont (dans l'ordre des acidités décroissantes) comme 4,6; 4,71; 5,34; 5,55; 6,30. Les cinq précipités évoluent de la même façon au cours du temps entre 2 heures et 10 jours.

Le cérium ayant été séparé avant ces opérations, *il s'agit bien d'un praséodyme dont la période est* 13 j. $\pm$ 0,5 j. *et dont l'énergie maximum des rayons* β *associés est* $0,98 \pm 0,05$ MeV. L'examen des trajectoires de brouillard des rayons émis en présence d'un champ magnétique indique qu'il s'agit de rayons β négatifs.

---

(4) *Naturwiss.*, **31**, 1943, p. 501.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Les espèces de* Taraxacum *productrices de caoutchouc, leur aire géographique et leur avenir.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

L'arbre à caoutchouc (*Hevea brasiliensis*) croît lentement; il n'est saigné qu'à la septième année; l'entretien et l'exploitation des plantations demandent de grands soins et, pour les Asiatiques, un travail manuel des plus délicats. Il y a une quarantaine d'années on avait commencé aussi à extraire le caoutchouc des racines et des rhizomes de certaines plantes africaines par un autre procédé : on faisait arracher les plantes; le caoutchouc se coagulait dans l'écorce. Il suffisait de broyer celle-ci et d'entraîner par un courant d'eau les matières ligneuses réduites en poudre pour obtenir un caoutchouc plus ou moins pur.

Au cours d'un voyage d'études au Congo, dans l'Oubangui et le Haut-Chari en 1902-1904, nous avions observé divers petits arbustes dérivant de lianes du genre *Landolphia* et signalé leur richesse en caoutchouc. En peu d'années ils furent exploités par arrachage jusqu'à épuisement des peuplements; ces plantes, qu'il était difficile de cultiver (il faut dix années pour que les racines contiennent assez de caoutchouc), ont disparu presque complètement de l'intérieur de l'Afrique.

Vers 1910 on commença aussi à exploiter au Mexique un arbrisseau nommé Guayule (*Parthenium argentatum*), dont le caoutchouc était aussi extrait par arrachage des plants et par broyage des tiges. La situation en était là lorsque vers 1928, la Russie, qui n'a pas de colonies tropicales, se préoccupa de produire du caoutchouc naturel sur son territoire. Des missions botaniques patronnées par M. Vavilov furent envoyées en divers pays tempérés, afin de rechercher si, parmi les plantes herbacées à latex, il n'en existait pas donnant assez de caoutchouc et pouvant être cultivées et exploitées en U. R. S. S.

Dès 1932 l'attention s'était fixée sur deux *Taraxacum* ou Pissenlits, dont l'un, *T. macrorrhizon*, se rencontre en Crimée et sur les bords de la Mer Noire, l'autre, le *Kok-Saghyz*, est une plante du Turkestan russe qui vit à l'est de la Mer d'Aral. Il a suffi de dix ans à peine pour que la culture de cette plante prenne en Russie un très grand développement. La plante est cultivée dans les champs à la charrue, on l'arrache et on la cueille au tracteur; le caoutchouc est obtenu par broyage des racines. Les Allemands en rencontrèrent des plantations étendues en Ukraine en 1941. Des graines furent données en 1942 à l'Institut français du Caoutchouc. Quelques-unes nous furent remises et nous pûmes les ensemencer au Muséum. Ces plantes s'y sont bien développées, ont fleuri et grainé. Nous avons pu suivre toutes les phases de leur végétation. Le climat de notre pays convient parfaitement à cette espèce, qui y graine abondamment, possède dès la deuxième année des racines assez grosses et résiste aux hivers et à la sécheresse d'été, mais on ne sait pas encore si elle produira en France du caoutchouc en quantité suffisante.

La plante a été décrite en 1933 sous le nom de *Taraxacum Kok-Saghyz* H. Rodin (*Acta Institute Bot. Acad. Sc. U. R. S. S.*, 1re série, fasc. 1, 1933, pp. 187-189 et *fig.* 1). Elle avait été récoltée en 1931 dans les steppes du Turkestan, entre 1000 et 2000m d'altitude, par environ 43° de latitude, à l'est du lac Issy-Khul, vallée du fleuve Kegen, affluent de l'Ili, qui se jette dans le lac Balkash. Nos plantes cadrent bien avec la description originale, mais, en faisant des recherches bibliographiques, nous avons pu établir que cette espèce avait été décrite dès 1905 sous le nom de *T. bicorne* Dahlstedt (*Arktista och alpina arter inom formgruppen* Taraxacum caratophorum D. C., *in Archiv for Botanik*, 5, IX, p. 29, tabl. 17).

Le spécimen original étudié par Dahlstedt provenait aussi du Turkestan russe, sensiblement de la même région (Alpes Alexandri, dans la vallée du fleuve Kaschgara (*in locis graminosis humidis*). Par priorité c'est donc sous le nom de *Taraxacum bicorne* Dahlst. que le Kok-Saghyz doit être désigné.

En poursuivant nos recherches dans l'Herbier du Muséum, nous avons été amené à constater que la plante y existait déjà sous le nom de *T. officinale*, récoltée en 1881 par le voyageur Guillaume Capus. Il l'avait cueillie en fleurs le 5 avril et le 1er juillet dans le Turkestan russe (n° 803), puis à Deibalane (sans n°), lorsque notre explorateur se dirigeait sur l'Afghanistan et le Pamir.

Le Kok-Saghyz appartient à la section *Ceratophora*, ainsi nommée parce que les bractées de l'involucre se terminent par une petite corne simple ou double. La section comprend un assez grand nombre d'espèces, qui vivent dans la zone arctique, sur quelques montagnes de l'Europe et de l'Asie et dans les steppes d'Asie, depuis le Turkestan et la Sibérie jusqu'à l'Himalaya, le Pamir et la Chine. Des espèces de ce groupe, *T. mongolicum* H. M., *T. tibetanum* H. M. et *T. eriopodum* D. C., sont très répandues en Asie centrale et présentent de nombreuses formes. Les botanistes russes ne les ont pas étudiées et il serait bien étonnant que, dès les premiers essais, ils aient mis la main sur l'espèce la plus productrice de caoutchouc.

La seconde espèce dont la culture a été tentée en Russie est le *Taraxacum megalorrhizon* (Link) H. M., espèce méditerranéenne xérophile, à racine très épaisse, qui vit dans le sud de la Russie, en Grèce, Asie mineure, Arabie, Afrique du Nord et jusqu'au Portugal. Nous avons pu établir que cette espèce s'identifie avec *T. gymnanthum* (Link) D. C., qu'on rencontre sur les côtes de Provence et du Roussillon. C'est aussi le *T. inæquilobum* Pomel des botanistes algériens. Sa culture a été abandonnée parce que les racines ne contiennent pas assez de caoutchouc, mais les agronomes russes n'ont expérimenté que la forme des bords de la Mer Noire. La section *Scariosa*, à laquelle appartient le *T. magalorrhizon*, renferme du reste d'autres espèces, notamment *T. obovatum* (Willd.) D. C., qui croît aussi dans le Midi de la France ainsi que le *T. Wallichii* D. C. de l'Inde.

Toutes les espèces de *Taraxacum* sont à expérimenter. Elles sont nombreuses, puisqu'on compte dans le genre plus de 60 espèces linnéennes (Handel-Mazzetti), et qu'on a déjà décrit (Raunkaicr, Lindberg f., Dahlstedt, Koidzumi, Kitamura etc.) plusieurs milliers d'espèces jordaniennes, parthénocarpiques pour la plupart et répandues dans le monde entier depuis le Groenland jusqu'à Kerguelen dans l'Antarctique, mais manquant dans les régions tropicales.

Les *Taraxacum* sont en effet essentiellement des plantes de climat tempéré ou froid, à l'encontre de toutes les autres plantes à caoutchouc, qui vivent exclusivement dans les pays chauds. On peut dès lors se demander si, après la guerre, la lutte ne s'engagera pas entre les Pissenlits cultivables dans la zone tempérée et l'*Hevea* à caoutchouc, qui ne réussit qu'en zone équatoriale, comme elle s'est engagée après le Blocus et le Premier Empire entre la Betterave sucrière et la Canne à sucre.

Le Pissenlit à caoutchouc a certes encore de grands progrès à réaliser pour battre l'*Hevea*. Le Kok-Saghyz, mis en culture depuis une dizaine d'années seulement, contient, dit-on, dans les plants sélectionnés, jusqu'à 10 % de caoutchouc dans les racines sèches, et l'on peut obtenir, en arrachant les plants la deuxième année, environ 200^{kg} de caoutchouc à l'hectare. C'est du moins ce qu'annonce une revue allemande que nous avons eue récemment entre les mains. Les Heveas sélectionnés peuvent donner en Indochine 400 à 500^{kg} de caouthouc à l'hectare à la 7e ou 8e année et le double 5 ou 6 ans plus tard. On peut les saigner pendant une trentaine d'années, à condition qu'ils soient fumés, entretenus et protégés des maladies. On peut se demander actuellement si les plantations de Malaisie reçoivent pendant la guerre les soins nécessaires et si elles ne seront pas en pleine décadence après les hostilités.

Le *Taraxacum* a pour lui qu'il peut se cultiver dans toute l'Europe, l'Amérique du Nord, la Chine, le Japon, pays de vieilles civilisations agricoles et qui sont ceux qui auront encore le plus besoin de caoutchouc. On peut le cultiver dans les terres labourées par la motoculture, en assolement avec les autres cultures et spécialement les céréales; il produit peu encore et il immobilise le sol pendant deux années, mais, comme toutes les plantes mises en culture depuis peu de temps, il est susceptible sans doute de grandes améliorations; il se peut donc que l'*Hevea* ait dans l'avenir un concurrent sérieux.

M. **Maurice Javillier** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *La Chimie des Êtres vivants*, qu'il vient de publier dans la collection *Que sais-je ?*

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Courbure moyenne généralisée.*
Note de M. **Paul Belgodère**, présentée par M. Élie Cartan.

Pour une courbe tracée sur une surface rapportée à trois axes de coordonnées rectangulaires, et relativement à une certaine métrique

$$ds^2 = \mathrm{A}\,dx^2 + 2\mathrm{B}\,dx\,dy + \mathrm{C}\,dy^2$$

régissant l'élément de contact formé d'un point O de cette surface et du plan tangent correspondant, appelons *courbure généralisée dans la direction* Oz le rapport $\delta z/ds^2$, où δx exprime la différence de cote entre un point de la courbe et le plan tangent initial. Il existe alors une *courbure moyenne généralisée* dans la direction Oz

$$\frac{\mathrm{C}r - 2\mathrm{B}s + \mathrm{A}t}{2(\mathrm{AC} - \mathrm{B}^2)}.$$

Il y a identité entre la donnée, sur l'ensemble de tous les éléments de contact x, y, z, p, q, d'un champ de courbures moyennes généralisées, et une *équation aux dérivées partielles du second ordre linéaire en* r, s, t.

A toute équation de ce type

$$\mathrm{C}r - 2\mathrm{B}s + \mathrm{A}t = f,$$

on peut associer, dans tout élément de contact, une métrique

$$ds^2 = \mathrm{A}\,dx^2 + 2\mathrm{B}\,dx\,dy + \mathrm{C}\,dy^2,$$

définie à un facteur numérique près, fonction de x, y, z, p, q.

La courbe d'intersection de deux surfaces intégrales issues d'un élément de contact commun présente, en cas de contact du premier ordre, un point double où les tangentes sont *rectangulaires* par rapport à cette métrique. Si le contact est d'ordre supérieur, le faisceau des tangentes est *isogonal* (à angles égaux) par rapport à cette métrique.

Dans le cas d'un champ de courbures moyennes ordinaires, la métrique imposée à chaque élément de contact est, à un facteur multiplicatif près, la métrique euclidienne de l'espace : les propriétés d'orthogonalité ou de faisceau isogonal sont en particulier valables pour les *surfaces minima* euclidiennes, avec des angles euclidiens.

Plus généralement, toute équation aux extrémales d'une intégrale de surface

$$\iint g(x, y, z, p, q)\,dx\,dy$$

est du second ordre, linéaire en r, s, t, et satisfait aux propriétés précédentes. Elle permet de définir, dans chaque élément de contact, une métrique

$$ds^2 = A\,dx^2 + 2B\,dx\,dy + C\,dy^2,$$

dont les coefficients C, — B, A sont proportionnels aux dérivées secondes g''_{p^2}, g''_{pq}, g''_{q^2}, et tels que $AC - B^2 = g^2$. Si l'aire élémentaire $g\,dx\,dy$ dérive d'une *métrique riemannienne de l'espace*, la métrique ainsi obtenue dans chaque élément de contact reproduit cette métrique riemannienne.

L'équation du deuxième ordre linéaire en r, s, t peut être définie par la donnée des rapports mutuels des coefficients A, B, C de la métrique imposée dans chaque élément de contact, et d'une famille à trois paramètres de surfaces intégrales n'appartenant pas à une même équation aux dérivées partielles du premier ordre, ce qui détermine le second membre : on a ainsi, sans calcul, l'équation aux dérivées partielles des surfaces minima de la géométrie de Cayley ou de Poincaré.

Toutes ces propriétés se généralisent aux espaces à plus de trois dimensions : deux hypersurfaces intégrales d'une équation du deuxième ordre linéaire par rapport aux dérivées partielles du deuxième ordre (c'est-à-dire d'un champ de courbures moyennes généralisées) ont, lorsqu'elles sont tangentes, un hypercône tangent à leur intersection qui est du second degré et *équilatère* (par rapport à la métrique associée) en cas de contact du premier ordre. En cas de contact d'ordre n, il existe un hypercône tangent de degré $(n+1)$ que l'on peut appeler *isogonal*, par généralisation, et qui est tel que les hypercônes du second degré, qui constituent par rapport à lui la *polaire* d'un groupe de $n-1$ directions arbitraires, soient tous équilatères.

La démonstration et le développement de ces résultats feront l'objet d'une publication ultérieure.

MÉCANIQUE. — *Gyroscopes de démonstration.*
Note de M. J. **Fieux**, présentée par M. Joseph Pérès.

J'ai réalisé un appareil gyroscopique de démonstration à rotation entretenue, qui permet d'effectuer commodément une vingtaines d'expériences typiques, connues ou non, et d'autre part, une toupie motorisée qui se prête tout particulièrement à l'étude qualitative et quantitative de la nutation eulérienne.

La présente Note a pour objet la description de ces deux dispositifs et l'exposé des avantages qu'ils présentent pour l'enseignement.

I. *Gyroscope d'enseignement.* — L'élément suspendu est constitué par le carter-inducteur d'une masse tournante solidaire de l'induit d'un moteur à champ tournant alimenté sous 110 volts par du courant triphasé, et dont la vitesse de régime est de l'ordre de 3000 t/m.

La suspension comprend un cadre dit *horizontal* articulé directement sur le carter, un cadre *vertical* supportant le précédent par des tourillons disposés suivant un axe horizontal, et un bâti comportant un fût qui sert de guide au pivot dudit cadre vertical. Ce bâti est muni de trois vis calantes et d'une prise de courant à trois pôles, dont l'un peut être relié directement au carter par un fil souple débranchable, les deux autres étant sur des canalisations fixes passant par des contacts tournants aux différents tourillons.

La mise en rotation de la masse s'effectue avec les trois phases; mais lorsque la vitesse de régime a été atteinte, elle peut être entretenue avec deux phases seulement, ce qui permet de débrancher le conducteur amovible pour libérer le carter de toute entrave.

Le carter porte, sur chacun de ses flasques, quatre bossages filetés, qui servent à la fixation de masses additionnelles destinées à modifier le moment d'inertie ou à déplacer le centre de gravité du système suspendu. Il comporte également, solidaires de ses tourillons, deux poulies à gorge sur lesquelles s'enroulent, le cas échéant, les câbles d'un poids curseur dont le déplacement est guidé par le fût.

L'une des extrémités de l'arbre du rotor sort du carter et s'épanouit en calotte sphérique (champignon) dont le centre de courbure se confond sensiblement avec le point de rencontre des différents axes du système.

Le cadre horizontal est muni de deux leviers symétriquement disposés suivant l'axe de tourillonnement du carter. Il comporte, d'autre part, deux appendices de verrouillage permettant de le solidariser avec le cadre vertical. Ce dernier porte les verrous correspondants; mais il porte également le verrou d'immobilisation du carter. A sa partie supérieure est ménagée la cheminée de guidage de l'objet, généralement un crayon, qui doit être mis en contact avec le champignon tournant. A sa partie inférieure il est solidaire d'une couronne circulaire formant une sorte de rose des vents, qui se déplace en regard de graduations portées par le fût du bâti-support.

Enfin le pivotement du cadre vertical dans le fût peut être rendu plus ou moins visqueux par l'abaissement de la crapaudine et le déplacement d'un poids d'équilibrage.

Les nombreuses expériences que l'on peut faire à l'aide de cet appareil présentent un réel intérêt pédagogique. Elles portent non seulement sur certains effets classiques, tels que la fixité de l'axe du rotor, les précessions de tous ordres, les nutations et leurs causes, la tendance au parallélisme (expérience du compas gyroscopique), le relèvement de la toupie etc.; mais aussi sur des effets peu connus faisant apparaître le gyroscope comme un transmetteur et un transformateur d'énergie mécanique (expérience de la montée continue du poids curseur et de sa descente par échappements successifs) et comme un moyen de provoquer progressivement des réactions puissantes (expériences de la tronçonneuse).

Les manipulations du nouveau gyroscope d'enseignement ne présentent pas de difficultés, même pour le démonstrateur qui n'est pas entraîné. Elles n'exigent ni opérations préparatoires, ni précautions susceptibles d'occasionner des pertes de temps.

II. *Toupie motorisée.* — La toupie de Maxwell montre bien le déplacement de l'axe instantané de rotation au sein de la masse, lorsque celle-ci est suspendue sensiblement par son centre de gravité et que ses moments d'inertie principaux ont des valeurs voisines. Mais elle ne se prête pas à l'étude quantitative du phénomène. Elle n'est d'ailleurs pas d'un emploi commode.

La nouvelle toupie réalise un solide de révolution parfaitement rigide, de moments d'inertie immuables et pouvant être déterminés expérimentalement avec beaucoup de précision. Sa forme de diabolo permet de confondre sensiblement son centre de gravité avec le point de pivotement et d'obtenir, dans tous les cas, le rapport d'aplatissement que l'on désire. Elle est mise en rotation, et entretenue dans une vitesse également bien déterminée, par la friction d'une petite bille, qui lui sert de pivot de suspension, cette bille étant fixée à l'extrémité de l'arbre d'un moteur électrique à axe vertical. Enfin sur la tranche supérieure est dessiné ou gravé un cercle légèrement excentré, qui apparaît alternativement net et flou à chaque période de nutation, dont on peut par conséquent relever la valeur moyenne avec toute la précision désirable.

AVIATION. — *Sustentation et propulsion thermiques.* Note de M. **Jean Villey**, présentée par M. Henri Villat.

Pour maintenir un avion de poids P en vol horizontal à vitesse constante V, il faut que l'ensemble de ses surfaces (propulsives, portantes et passives) fournisse, pendant chaque seconde, aux molécules d'air avec lesquelles elles prennent contact, une quantité de mouvement totale de composante verticale (vers le bas) égale à P et de composante horizontale nulle.

De l'énergie cinétique qui est ainsi fournie à l'air, une partie w se décoordonne instantanément sur place en énergie thermique (elle correspond aux forces de frottement) et une partie $\mathcal{W}$ correspond à la mise en mouvement macroscopique d'une masse totale $M = \Sigma m$ d'air avec des vitesses absolues d'écoulement $\mathcal{V}$, soit $\mathcal{W} = \Sigma(1/2)m\mathcal{V}^2$.

Pour que la quantité de mouvement $\Sigma m\mathcal{V}$ qui se conserve macroscopiquement fût nulle, il faudrait que la quantité de mouvement fournie à l'air par les forces de frottement fût verticale vers le bas et égale à P; or sa direction est manifestement assez voisine de celle de la translation V.

La production d'énergie cinétique macroscopique $\mathcal{W} = \Sigma(1/2)m\mathcal{V}^2$ est donc nécessaire. Elle se décoordonne d'ailleurs ensuite, par tourbillon-

nements et frottements, en énergie thermique. La sustentation de l'avion fournit donc finalement à l'atmosphère, par unité de temps, l'énergie thermique $W = \mathcal{W} + w$. Elle est obtenue par la destruction d'une quantité Q d'énergie potentielle chimique dans l'oxydation du combustible utilisé par l'avion, qui est d'ailleurs d'abord transformée intégralement en énergie thermique. On a $Q > W$, parce qu'une partie q de cette énergie thermique Q est de plus cédée à l'atmosphère par transport direct de chaleur.

La nécessité de transformer $Q' = Q - q - w$ transitoirement en énergie cinétique orientée $\mathcal{W}$ appelle tout naturellement le mode classique de propulsion, où la combustion est produite dans un moteur qui permet de transformer $Q - q$ en travail pour mouvoir une hélice capable de fournir directement l'énergie cinétique $\Sigma(1/2)m\mathcal{V}_x^2$ orientée horizontalement, et indirectement, par l'intermédiaire de la surface portante qu'elle traîne, l'énergie cinétique $\Sigma(1/2)m\mathcal{V}_z^2$ orientée verticalement, en même temps d'ailleurs que l'énergie thermique w.

Cela n'exclut pas toutefois la possibilité d'obtenir la sustentation au prix d'un transport direct intégral de la chaleur Q à l'atmosphère, si l'on sait conduire ce transport direct de telle manière qu'une partie Q' de Q se transforme en énergie cinétique macroscopique.

Ce résultat n'est pas exclu *a priori* par l'isotropie moyenne de l'agitation moléculaire, car l'écoulement relatif du courant d'air introduit le facteur d'anisotropie macroscopique sans lequel il serait impossible d'espérer une orientation partielle de l'énergie cinétique moléculaire.

Il sera effectivement obtenu si la chaleur Q est cédée aux filets d'air en écoulement relatif au contact de l'avion dans des régions où leur pression p aura été élevée, par augmentation de section du tube de courant, au-dessus de la valeur qu'elle avait dans l'état de repos initial $A(p_0; T_0)$ avant le passage de l'avion, et qu'elle reprendra après le passage de celui-ci, quand elle retrouvera un état de repos final $B(p_0; T_1 > T_0)$. En effet, dans le diagramme entropique, qui a pour abscisses l'entropie S de l'unité de masse et pour ordonnées la température absolue T, l'évolution AMB ainsi réalisée $(p > p_0)$ est située au-dessus de l'isobare ANB; il en résulte que la surface $\Sigma = \int_A^B T\,dS$ limitée par AMB est plus grande que la surface $\sigma = C(T_1 - T_0)$ limitée par l'isobare. Or Σ représente la somme de la chaleur Q cédée à l'air au cours de l'évolution AMB et de l'énergie cinétique $E = \zeta . Q$ qui y est décoordonnée; σ représente d'autre part l'augmentation d'enthalpie. On a donc $Q + E > \sigma$, ou $Q(1 + \zeta) = K . \sigma$, avec $K > 1$, qui entraîne $Q > \sigma$ si $1 + \zeta < K$, ou $\zeta < K - 1$, c'est-à-dire si l'énergie cinétique décoordonnée E est égale à une fraction suffisamment petite de la chaleur fournie Q. S'il en est ainsi, l'air acquiert, au contact de l'avion, un supplément d'énergie cinétique relative d'écoulement

égal à $(Q - \sigma)$, et par conséquent une énergie cinétique absolue qui peut permettre la sustentation.

Cette énergie cinétique absolue sera d'autant plus grande que l'excès de pression $(p - p_0)$ au moment du transport de chaleur Q sera plus grand, par conséquent que l'énergie cinétique relative de l'air à l'entrée $(1/2)MV^2$ sera plus grande et que le ralentissement avant chauffage de cet écoulement relatif par augmentation de section sera plus accentué et plus voisin de l'isentropie.

C'est ce procédé que l'on met en œuvre dans une tuyère propulsive ([1]). Les surfaces utilisées pour provoquer le ralentissement relatif pourraient d'ailleurs être ménagées dans les ailes elles-mêmes. On pourrait aussi envisager de mettre à profit l'augmentation de pression qui se produit dans les écoulements extérieurs à l'aile, là où ils deviennent sustentateurs; mais elle paraît devoir être en général trop faible pour permettre un rendement intéressant.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Suggestions d'expériences relatives aux fondements de la Mécanique ondulatoire.* Note ([1]) de M. **Augustin Sesmat.**

1. Soient une source, un dispositif interférentiel et un écran sur lequel se produisent des franges : les photons issus de la source sont venus se rassembler sur les raies brillantes en évitant les raies obscures. Comment interprète-t-on le phénomène dans la théorie de la Mécanique ondulatoire? On admet que chaque photon obéit pour son compte à des lois telles qu'il a le maximum de chances d'aboutir au milieu d'une raie brillante, et le minimum de chances d'aboutir au milieu d'une raie obscure; si bien que les franges sont la résultante pure et simple du *comportement individuel des photons*, à l'exclusion de toute interaction des uns sur les autres.

Cette interprétation est étendue, par analogie, aux anneaux de diffraction produits par un nuage d'électrons qui se réfléchissent sur des plans réticulaires différents d'un cristal.

Parmi les assertions de la théorie, celle-là est la plus lourde de conséquences : c'est elle, principalement sinon exclusivement, qui contraint le théoricien de renoncer au déterminisme réaliste qui avait constamment soutenu la pensée des physiciens d'hier, et de lui substituer un « probabilisme » *sui generis*, dont le sens profond ne paraît pas avoir été jusqu'ici parfaitement mis en lumière.

Ces corollaires sont d'une telle portée qu'on ne saurait exagérer les précautions critiques en ce qui concerne leurs prémisses. Or il est permis de douter

---

([1]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, pp. 52, 461, 638.

([1]) Séance du 27 mars 1944.

qu'on soit dès maintenant en possession de garanties absolues touchant la valeur de ces prémisses; et par ailleurs on peut concevoir de nouvelles expériences de contrôle, dont les résultats, s'ils étaient favorables, mettraient pour ainsi dire hors de conteste l'interprétation dont nous parlions plus haut.

2. Sur quoi s'appuie-t-on pour affirmer que les interférences ne dépendent aucunement d'interactions entre les *photons?* Sur d'anciennes expériences de G. I. Taylor (1909), et sur des expériences nouvelles de Dempster et Batho (1927), dans lesquelles des photographies de franges furent obtenues, grâce à des poses prolongées, à partir de sources très faibles; si faibles que si l'on tient compte de l'énergie unitaire des photons utilisés, de l'intensité totale émise, de la durée d'excitation des atomes et du temps de pose, on est conduit à cette conclusion que les photons n'ont pu passer dans l'appareil que séparément.

N'insistons pas sur la marge d'incertitude que présentent certaines de ces évaluations, celles en particulier de l'intensité émise et de la durée d'excitation. Mais observons que le raisonnement implique, à titre d'hypothèse nécessaire, que l'émission des photons se trouve répartie *uniformément* dans le temps pendant toute la durée de l'expérience. Or ceci n'est rien moins que certain : la source est *complexe*, c'est-à-dire constituée d'un grand nombre d'atomes, et nous ne savons pas ce qui se passe dans une source complexe. Nous ne savons pas si les émissions sont indépendantes, ou si au contraire elles ne sont pas plus ou moins solidaires, les atomes de la source pouvant, par exemple, échanger entre eux leurs photons lorsque certaines conditions sont réalisées, puis, quand ces conditions viennent à faire défaut, les lancer au contraire vers le dehors, ce qui donnerait une émission par rafales intermittentes, rafales instantanées ou non, d'ailleurs, mais en tout cas favorables à l'interaction des photons.

Toujours est-il qu'on ne saurait tenir pour certain qu'aucune interaction n'a lieu. Que faudrait-il donc pour en être sûr? Simplement que la source ne soit pas complexe : qu'elle consiste par exemple dans des *atomes isolés*, comme ceux des *rayons canaux* ou des *jets atomiques*, qui passeraient successivement devant une fenêtre et qui émettraient leurs photons vers l'appareil interférentiel au moment de leur passage. Il peut y avoir à cela des difficultés techniques; mais, semble-t-il, tant qu'il ne s'agit pas d'une impossibilité absolue on devrait tout essayer pour vaincre ces difficultés éventuelles : l'enjeu en vaut mille fois la peine.

Supposons en effet qu'on obtienne des franges avec ces atomes isolés : la théorie reçue n'en sera que plus solide; et ceux qui cherchent à en dégager le sens profond pourront aborder le problème sans aucune arrière-pensée, et avec d'autant plus de courage et de chances de succès.

Supposons au contraire que par impossible on n'obtienne pas de franges : alors, sans rien abandonner des formules et équations fondamentales de la

théorie, ni de leurs merveilleuses réussites, on devra simplement chercher une autre explication du phénomène des interférences, mais cette fois sans se sentir obligé de renoncer au déterminisme objectif.

3. Nous venons de parler de photons. Le même problème se pose au sujet des *électrons*. Ici nous sommes maîtres de la source, dans une certaine mesure : peut-on s'arranger pour que les électrons, eux aussi, arrivent un à un sur le cristal? Aux techniciens de répondre : mais là encore il serait sage de tenter l'impossible pour y arriver, car c'est le seul moyen de s'assurer si oui ou non les électrons se disposent sur les anneaux brillants sans aucune interaction mutuelle.

La réalisation de deux expériences, l'une sur les photons, l'autre sur les électrons, est d'ailleurs souhaitable à un autre point de vue : si les résultats, positifs ou négatifs, sont identiques pour les deux espèces de corpuscules, on sera sûr que l'analogie qu'établit la théorie entre photons et particules matérielles est légitime. Si les résultats différaient, il faudrait renoncer à cette analogie, ou du moins la restreindre. Or ceci encore est de première importance.

Enfin il ne faut pas oublier qu'une expérience fournit parfois d'autres renseignements que ceux qu'on lui demandait.

Remarques sur la Note de M. Augustin Sesmat, par M. **Louis de Broglie**.

Dans la Note précédente, M. Sesmat suggère qu'il serait utile de faire de nouvelles expériences pour vérifier si les phénomènes d'interférences obtenues avec la lumière ou les électrons ont encore lieu dans des conditions qui excluent toute interaction entre photons ou électrons. Le résultat des anciennes expériences de Taylor et de Dempster et Batho, l'interprétation actuelle du dualisme onde-corpuscule et les nombreux arguments qui l'appuient, les difficultés sans doute insurmontables que présenterait toute tentative d'interprétation des interférences par une interaction entre corpuscules, rendent extrêmement improbable la mise en évidence d'une dépendance quelconque entre les effets d'interférences et l'intensité des faisceaux servant à les produire. Néanmoins, comme le dit justement M. Sesmat, l'importance des expériences du genre Taylor pour assurer les bases des théories actuelles est si fondamentale qu'il serait utile de les reprendre sous une forme encore plus probante.

En dehors des expériences sur les jets d'atomes suggérées par M. Sesmat, on peut imaginer l'expérience suivante. Soit une source S de photons ou d'électrons : nous supposerons cette source très *faible*, c'est-à-dire émettant peu de corpuscules par unité de temps, et aussi très *stable*, c'est-à-dire ayant une intensité pouvant rester sensiblement constante pendant une période très longue, mettons plusieurs jours. Plaçons, en face de cette source, un dispositif de comptage A signalant l'arrivée de chaque corpuscule émis par la source.

Nous constaterons probablement que les corpuscules arrivent indépendamment les uns des autres à des intervalles de temps fluctuant statistiquement autour d'une valeur moyenne $\bar{\tau}$. La source étant faible, $\bar{\tau}$ sera grand (de l'ordre par exemple d'une seconde), et ceci exclura toute idée d'interaction entre les corpuscules. Cette constatation faite, on substituera au dispositif A un dispositif d'interférences B *placé au même endroit* et comportant un enregistrement photographique. Cette substitution de B à A ne peut évidemment pas altérer le fonctionnement de la source; donc B recevra des corpuscules indépendants à des intervalles de temps de valeur moyenne $\bar{\tau}$ dans les mêmes conditions que le faisait A précédemment et, en raison de la stabilité de la source S, cette situation pourra se prolonger sans modification pendant un temps très long, quelques heures par exemple. Au bout de ce temps, le développement de la plaque photographique permettra de constater si l'on a obtenu ou non les phénomènes usuels d'interférences. S'ils ont été obtenus, il sera démontré que ces phénomènes ne résultent pas d'interactions entre les corpuscules incidents, et l'interprétation probabiliste que propose la Mécanique ondulatoire sous sa forme actuelle s'imposera.

GÉODÉSIE. — *Sur l'exploitation stéréophotogrammétrique des photographies redressées.* Note de M. **Raymond Martin**, présentée par M. Georges Perrier.

La théorie du *redressement* des photographies métriques, terrestres ou aériennes, a fait, en France, l'objet d'une étude très approfondie de M. Roussilhe [1]. La méthode établie a été appliquée sur une vaste échelle, notamment pour l'établissement des plans topographiques (plans de villes, plans cadastraux, plans pour études d'améliorations foncières et de travaux publics etc.). L'usage a cependant montré qu'un certain nombre d'améliorations étaient à rechercher pour donner à cette méthode, tout en conservant sa simplicité, un nouvel essor, en y apportant :

1° l'appoint de l'observation stéréoscopique;

2° la possibilité de corriger automatiquement les déformations planimétriques de relief;

3° la possibilité de tracer automatiquement les courbes d'égal éloignement ou d'égale altitude.

Considérons d'abord (*fig.* 1) un couple de clichés *aériens*, ayant un recouvrement voisin de 66 % et préalablement *redressés*, c'est-à-dire rendus parallèles à un même plan horizontal de référence π_0. Soient A_0 l'altitude commune des deux points de prise de vues au-dessus de π_0; V_1 et V_2 la représentation sur

---

(1) *Emploi de la photographie aérienne aux levers topographiques à grande échelle*, Paris, 1930; *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 944.

chaque cliché du pied de la verticale abaissée de chaque station photographique sur le sol, a, b, c, d, des points de repère communs aux deux clichés, $m'_1 m'_2$ l'image sur chaque cliché d'un point m de l'espace d'altitude h au-dessus du plan π_0; B la distance (base) qui sépare les deux points de prise de vues, c_1, c_2, D'_1, D'_2, longueurs mises en évidence sur la figure. Les deux clichés, après redressement, étant mis en coïncidence par leurs points communs a, b, c, d, on montre que l'on a $c_1/c_2 = D'_1/D'_2$ (rel. I), $m'_1 m'_2 = B[h/(A_0 - h)]$ (rel. II), $h = (A_0 m'_1 m'_2)/(B + m'_1 m'_2)$ (rel. III).

D'où la conclusion : Tous les points M de même altitude au-dessus du plan de référence π_0 présentent un écartement d'images constant et facilement calculable et la droite qui joint ces images est parallèle à la base B dont la longueur est calculable d'après les éléments des redressements.

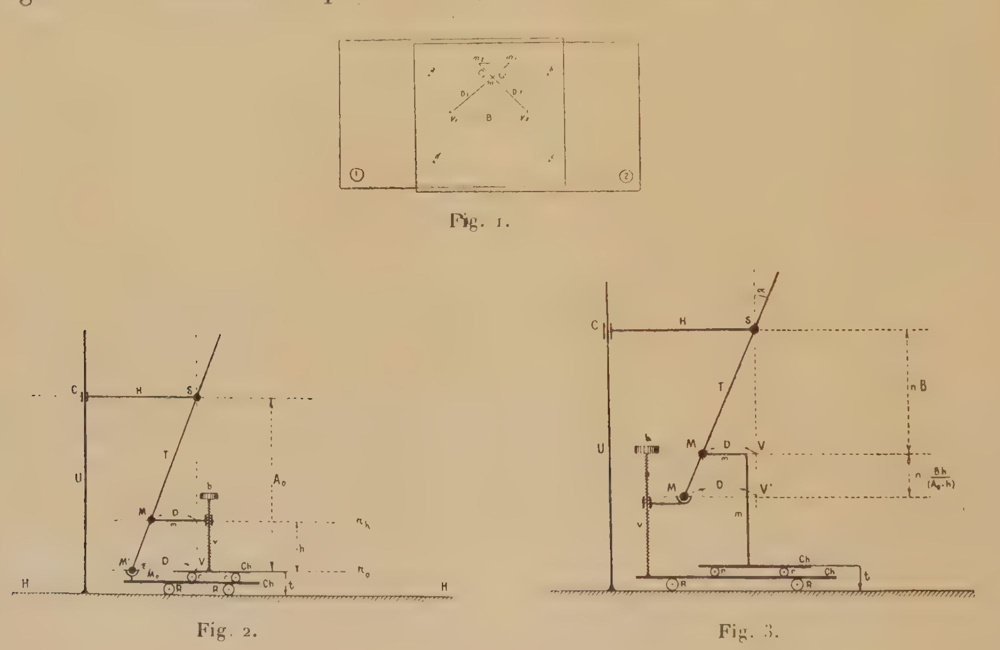


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Nous avons montré [1] comment, partant de ce principe, il était possible de réaliser, soit par l'application des anaglyphes, soit par l'emploi d'un stéréoscope, un stéréorestituteur simplifié, en soulignant d'ailleurs la nécessité d'adjoindre à cet appareil un pantographe à coefficient variable pour la transformation de la projection conique fournie par le cliché en projection orthogonale (carte). Dans ce même temps, les Établissements Zeiss, d'Iéna, d'après une idée de Kern, réalisaient l'orthostéréomètre, appareil où ladite transformation est opérée par reconstitution de l'espace, conformément à la figure 2 : Lorsque M' décrit dans le plan π_0 une figure quelconque, le point M décrit une figure

(²) Communication à la Section Laussedat de la Société Française de Photographie et de Cinématographie (Séance du 24 février 1939).

homothétique [centre V, rapport $(A_0 - h)/A_0$] et la correction c est bien conforme à la théorie du redressement, car l'on a $c = hD/A$ (rel. IV). Le traceur t décrit alors la même figure que le point M. Mais ce dispositif n'est pas automatique, puisque la rotation de vis B (*fig.* 1) est proportionnelle à la parallaxe $m'_1 m'_2$, c'est-à-dire à la quantité $[B.h/(A_0 - h)]$, et que la rotation de la vis b (*fig.* 2) est proportionnelle à h (rel. IV).

Solution proposée. — Une liaison mécanique simple entre B et b peut être obtenue si l'on adopte une disposition du système correcteur conforme à la figure 3. Ici le chariot Ch, mobile dans deux directions perpendiculaires et entraîné par le stéréoscope, supporte la vis sans fin verticale v (de même pas que la vis des parallaxes) qui, pendant la rotation de b, provoque le déplacement en hauteur de la rotule inférieure M. Le chariot Ch' reçoit un support coudé muni d'une rotule M'. La traverse H est déplaçable en hauteur de quantités mesurables. Dans ces conditions :

1° en établissant, entre la vis des parallaxes et la vis v, une transmission telle que cette dernière tourne avec une vitesse angulaire n fois plus grande que la première ;

2° en calant la traverse H à une hauteur au-dessus de la rotule M' égale à n fois la base B, on réalise un dispositif mécanique tel que, quelle que soit la position de M dans l'espace, on ait constamment

$$D'\left(nB + nB\frac{h}{A_0 - h}\right) = D\,nB.$$

ou $D'/D = (A_0 - h)/A_0$, ce qui correspond à la correction des déformations planimétriques d'altitude dans la théorie du redressement.

GÉODÉSIE. — *Sur la détermination de l'altitude moyenne à partir des cartes topographiques en hachures.* Note de M. **Jean Demangeot** présentée par M. Georges Perrier.

L'altitude moyenne, notion précieuse pour la géographie physique, se calcule généralement à partir du planimétrage de tranches d'altitude d'égale épaisseur. Mais ce procédé n'est évidemment pratiquable que sur les cartes en courbes de niveau, relativement rares encore. On peut cependant, par la méthode exposée ici, extraire l'altitude moyenne de cartes en hachures genre cartes d'État-Major.

Principe. — Soit une ligne quelconque L limitant un plan P ; L se déplaçant perpendiculairement à P, et en se déformant, engendre une surface complexe S qui admet un plan moyen S'. Si l'on assimile S à la surface du sol, la hauteur du plan moyen S' à partir du niveau de la mer sera l'altitude moyenne. Or sa détermination mathématique, devant recourir aux intégrales triples, est pratiquement irréalisable à cause de l'infinie complexité des reliefs.

Mais, si l'on se contente d'une bonne approximation, au lieu d'envisager toute

la surface S, on peut se borner à considérer la génératrice L aux positions L_1, L_2, L_3, ... qu'elle occupera successivement. Ainsi fait le géographe, qui remplace parfois un bloc-diagramme par une série de profils topographiques équidistants et rapprochés. Dans ce cas le calcul de l'altitude moyenne se simplifie; il se ramène à celui de la moyenne H des hauteurs moyennes h_1, h_2, h_3, ... des traces L_1, L_2, L_3, ..., facile à résoudre graphiquement.

Méthode à suivre. — Pratiquement, pour obtenir l'altitude moyenne d'une région sur carte en hachures, on devra :

1° Dessiner toute une série de coupes topographiques soignées et à l'échelle. Les tracés seront grossièrement perpendiculaires aux directions orographiques principales, mais parallèles et équidistants. L'équidistance sera évidemment proportionnée à l'échelle de la carte. Deux profils supplémentaires devront être faits : celui de la ligne de partage des eaux et celui du talweg principal.

2° Calculer l'ordonnée moyenne de toutes ces coupes en divisant leur surface planimétrée par l'abscisse. Deux méthodes sont possibles :

ou bien additionner l'ordonnée moyenne de chacune des coupes, et en faire ensuite la moyenne arithmétique (ce qui entraîne généralement une erreur par excès);

ou bien abouter tous les profils et en planimétrer la surface totale, qu'on divisera par l'abscisse totale (ce qui est plus exact).

Application. — Nous avons pris pour lieu d'expérience la Réserve Nationale du Lauzanier (Basses-Alpes). C'est une vallée Nord-Sud accolée à la frontière, près du col de Larche. Point le plus bas, 1800^m. Point le plus haut, Signal de l'Enchastrayes, 2956^m.

Altitude moyenne	
obtenue par la méthode classique du planimétrage des tranches d'altitude sur le plan directeur au 1/20000 (épaisseur des tranches 50^m)	2326^m
obtenue par planimétrage des profils sur la carte en hachures au 1/50000 (34 coupes équidistantes de 250^m, et 3 coupes pour les crêtes et le talweg)	2302^m

Soit une différence de 24^m, représentant une erreur par défaut voisine de 1 %.

Cet exemple montre que ce nouveau procédé permet, en l'absence fréquente de cartes en courbes de niveau, d'utiliser les cartes en hachures avec une approximation suffisante, de 5 à 10 % dans les cas les moins favorables.

CHALEUR. — *Recherche d'une expression rationnelle du coefficient de convection naturelle pour les cylindres verticaux.* Note [1] de M. **André Missenard**, présentée par M. Charles Fabry.

Les équations de la convection naturelle pour le plan vertical ont été résolues par Pohlhausen, Schmidt et Beckmann. Ils ont donné l'expression suivante du

(1) Séance du 24 avril 1944.

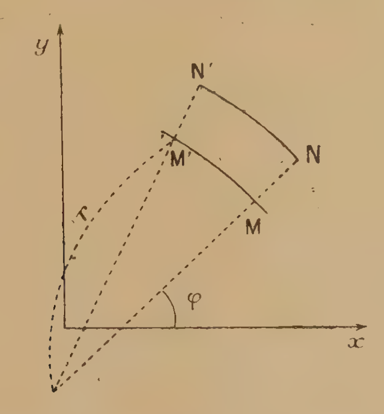
coefficient de convection moyen α_m

$$\alpha_m = \frac{4}{3}\lambda f\left(\frac{\nu}{a}\right)\sqrt[4]{\frac{g\beta\theta_1}{4\nu^2 H}}$$

(H, hauteur de la plaque; θ_1, excès de température de la plaque sur le milieu à l'infini, λ, ν et a ayant leur signification classique).

Dans le cas d'un cylindre vertical quelconque, définissons un point de la section horizontale par le rayon de courbure r et l'angle φ de la normale avec l'axe OX.

En prenant pour ligne de coordonnées des courbes parallèles à la section et l'ensemble des normales, l'équation du mouvement suivant OZ s'écrit, avec les



approximations habituelles et en négligeant les forces de viscosité qui s'exercent sur les parois du filet projeté en MN, M'N' et en désignant la vitesse par W

$$\rho W \frac{\partial W}{\partial z} = \rho g\beta\theta + \frac{\mu}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial W}{\partial r}\right).$$

Avec les mêmes approximations pour la température, l'équation de la chaleur s'écrit

$$\rho c W \frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{\lambda}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial \theta}{\partial r}\right).$$

Ces équations diffèrent de celles du plan vertical en ce que les termes où interviennent λ et μ dépendent du rayon de courbure r. On peut les ramener à ces équations en introduisant une valeur fictive pour λ et μ qui tienne compte de cette courbure de la surface. La valeur fictive de λ se calcule en considérant la transmission par conductibilité pure à travers une lame d'air constituée par la couche limite autour du cylindre. Dans cette couche la température, en un point quelconque entre SS', est $\theta = \theta_1\Phi$, Φ étant la fonction harmonique dans le volume SS' qui prend, sur le cylindre S, la valeur 1 et, sur la surface S' (placée à une distance de S égale à la valeur moyenne de la couche limite), la valeur zéro, donc défini par des caractéristiques purement géométriques.

Le flux de chaleur par unité de surface est $Q_S = \lambda(d\theta/dn) = \lambda\theta_1 | d\Phi/dn |$.

Lorsque S et S′ sont deux plans PP′, distants de e, $Q_P = \lambda | \theta_1/e |$.

La conductibilité fictive, c'est-à-dire tenant compte de la courbure de la surface, sera définie par $\lambda' = \lambda e | d\Phi/dn |$, où e désigne l'épaisseur de la couche limite.

Par analogie, la viscosité fictive sera définie en considérant un mouvement de translation du cylindre défini par la section S′, suivant son axe, le cylindre S étant immobile.

La considération des forces de frottement sur les parois conduit à poser comme viscosité fictive $\mu' = \mu e | d\Phi/dn |$.

Si bien que le coefficient de convection moyen le long d'une génératrice devient, pour le cylindre vertical, en particulier pour un cylindre circulaire,

$$\alpha m = \frac{4}{3}\lambda f\left(\frac{\nu}{a}\right)\sqrt[4]{\frac{g\beta\theta_1}{4\nu^2 H}}\sqrt[2]{e\left|\frac{d\Phi}{dn}\right|}.$$

Dans le cas de l'air à la température ordinaire, le coefficient moyen pour le plan est

$$\alpha_{mP} = 4,8\sqrt[4]{\frac{\theta_1}{T_0 H}}\sqrt[2]{\frac{p}{p_0}}.$$

Par conséquent, pour le cylindre vertical circulaire, le long d'une génératrice

$$\alpha_{m.\,cyl.\,vert.} = 4,8\sqrt[4]{\frac{\theta_1}{T_0 H}}\sqrt[2]{\frac{p}{p_0}}\sqrt[2]{\frac{e}{R \operatorname{Log}\left(1+\frac{e}{R}\right)}},$$

R étant le rayon.

Des considérations physiques conduisent à prendre $e = 1^{cm}$. L'expression ainsi obtenue est en accord étroit (à 3 % près) avec les variations de α_m lorsque R varie de 7^{mm} à 100^{mm}, mesurées par Peclet et Koch.

LUMINESCENCE. — *Chimioluminescence ultraviolette par oxydation du carbone.* Note de MM. **René Audubert** et **Charles Racz**, présentée par M. Jacques Duclaux.

L'expérience montre que la combustion du carbone émet, à partir de 1000° C., un rayonnement ultraviolet décelable par des compteurs photoélectriques à CuI et assez intense pour se prêter à des mesures quantitatives.

L'étude photogénique de cette oxydation a été effectuée sur des filaments de carbone comprimé portés, grâce à un courant électrique, à une température allant de 1000 à 1300° C. (mesurée au moyen d'un pyromètre optique) dans un mélange d'oxygène à 5 % dans l'azote à des pressions comprises entre 50 et 200^{mm} de mercure. Les gaz circulaient dans la chambre de combustion à un débit de 5.10^{-5} mol/g par seconde.

La luminescence ultraviolette observée ne peut en aucune manière être

attribuée au rayonnement du corps noir à la température considérée : elle est en effet, dans l'azote pur, beaucoup plus petite que dans le mélange oxydant ; elle est également extrêmement faible quand on utilise, en atmosphère oxydante, un filament de platine (¹).

L'étude spectrale a été faite en plaçant la réaction devant la fente d'entrée d'un monochromateur à optique de quartz à grande luminosité; un photocompteur à CuI, dont la courbe de sensibilité spectrale était préalablement déterminée, étant disposé devant la fente de sortie. A 1300° C. dans le domaine étudié (1900 à 2700 Å), le spectre est caractérisé par une intensité d'émission sensiblement constante. Par contre le spectre de l'incandescence dans l'azote pur à 1450° C. (²) correspond à une courbe croissant vers les grandes longueurs d'onde, d'une allure toute semblable à celle de la courbe du rayonnement du corps noir.

La mesure de la variation de l'intensité émise en fonction de la température du filament permet de déterminer l'énergie d'activation de la réaction photogénique liée au processus d'oxydation. Les courbes représentant cette variation satisfont à la relation d'Arrhenius $I = k e^{-E/RT}$, où I représente l'intensité de lumière émise proportionnelle à l'accroissement ΔN des décharges du compteur ; E, l'énergie d'activation; R, la constante des gaz parfaits; T, la température absolue; on obtient en effet en portant en abscisses $1/T$ et en ordonnées $\log \Delta N$, une droite dont la pente permet de déterminer E. On trouve ainsi, pour 30 expériences, la valeur moyenne de l'énergie d'activation

$$E = 84\,000 \pm 4\,000 \text{ calories.}$$

Cette valeur est sensiblement la même que celle trouvée par L. Meyer (³) pour la réaction globale $3C + 2O^2 \rightarrow CO^2 + 2CO$, s'effectuant au-dessus de 1200° C. ; pour expliquer ce fait, il faut supposer qu'à cette température l'oxygène forme avec le carbone une combinaison de surface dont la destruction constitue l'acte final de la combustion. Dans ces conditions les résultats que nous avons obtenus permettent de conclure que l'énergie d'activation, déterminée photogéniquement, correspond à la formation du complexe superficiel, l'émission étant probablement due au retour à l'état normal de molécules excitées de CO ou de CO^2, la formation du complexe étant sans doute le processus le plus lent.

(¹) Dans le vide, lorsque la pression devient assez petite pour rendre possible des phénomènes thermoioniques, on constate une émission secondaire due, sans doute, à l'excitation du verre par choc d'électrons. Aussi, pour éviter ces effets perturbateurs, nous sommes-nous placés à des pressions où ils ne pouvaient se manifester.

(²) A la température de 1300° C., l'émission dans l'azote pur est trop faible pour pouvoir être mesurée.

(³) *Z. physik. Chem.*, B, **17**, 1932, p. 385.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'application de la méthode de Scheffer-Kawalki à la détermination des coefficients de diffusion des substances dissoutes.* Note de Mlle **Marie Falinski**.

L'étude expérimentale de la diffusion en milieu liquide est d'un grand intérêt pour l'étude des substances complexes plus ou moins polymérisées, de nature colloïdale, électrolytes ou non. Un grand nombre d'auteurs se sont occupés de cette question, mais, même dans les cas les plus simples, les résultats obtenus manquent de précision. Un certain nombre d'incertitudes subsiste encore, en particulier au sujet de la variation des coefficients de diffusion en fonction de la température et de la concentration. Il paraît nécessaire de lever ces indéterminations dans les cas simples avant de passer à l'étude des corps plus complexes. C'est dans cette intention que j'ai étudié la diffusion de l'acide chlorhydrique en solution. J'ai adopté la méthode de Scheffer-Kawalki [1] en raison de sa relative simplicité. Elle consiste à disposer dans un flacon, au moyen d'un capillaire, une tranche de solution sous une colonne de hauteur triple de solvant, et à prélever, à la fin de l'expérience, 3 tranches de liquide, par déplacement avec la solution primitive plus dense. Les calculs élaborés à partir des lois simples de la diffusion [2] permettent de trouver le coefficient de diffusion si l'on connaît le carré de la demi-hauteur d'une couche, h^2 représentant la constante de l'appareil, et la répartition des concentrations dans les différentes couches, la teneur de la 4e étant calculée par différence. J'ai préféré prélever 6 couches d'égal volume au lieu de 3; cela m'a permis de tenir compte de la 4e et de vérifier que la teneur de la 6e égale celle de la solution primitive; j'ai retranché de la 4e la perte de substance éprouvée par la 5e; cette soustraction étant faite, l'ensemble des teneurs des 4 premières couches doit restituer la teneur de la solution primitive : ceci n'est vérifié, avec une erreur maximum de 2 à 3 millièmes par excès ou par défaut, que dans les cas favorables d'expérimentation. Dans les cas défavorables, on observe un excès de concentration qui peut dépasser 1 %. Un écart faible entre les valeurs extrêmes du coefficient de diffusion pour les différentes couches (qui peut être réduit à quelques millièmes ou même atteindre quelques % sans action sensible sur les valeurs moyennes) est aussi un indice de bonnes circonstances d'application de la méthode.

J'ai examiné l'influence des facteurs suivants : vitesse de déplacement des liquides dans les différentes phases de l'expérience, forme des appareils, durée

---

(1) J. D. R. Scheffer, *Zeits. physik. Chem.*, 2, 1888, p. 390; W. Kawalki, *Ann. physik Chem.*, 52, 1894, pp. 166 et 190. Voir l'article sur la diffusion dans les liquides de J. Duclaux, *Traité de Chimie-Physique*, 2, Chap. I, 1936.

(2) Fick, *Pogg. Annalen*, 94, 1855, p. 59; J. Stefan, *Sitz. Wiener Akad.*, 77, II, 1878, pp. 371 et 957; 79, II, 1879, p. 161.

de diffusion, concentration des solutions, température. Certains appareils donnent des résultats plus réguliers que d'autres, suivant le soin apporté à leur construction; ceux de constante plus élevée fournissent des résultats plus réguliers mais un peu plus forts. Les résultats sont particulièrement nets avec l'acide chlorhydrique 0,5 *n* diffusant dans l'eau, qui offre l'avantage : 1° de permettre d'appliquer les méthodes analytiques rapides de l'alcalimétrie dans les limites où elles sont précises; 2° de fournir des résultats ne variant pas sensiblement avec le temps; 3° de présenter une différence de densité suffisante avec l'eau, pour la constitution d'une surface de séparation nette entre les deux liquides. L'erreur probable est de 0,5 %, avec un écart maximum possible de 1 % par rapport à la valeur moyenne. Avec des solutions chlorhydriques plus diluées les résultats ne sont plus aussi réguliers. Ce fait est dû à la difficulté qu'il y a à constituer une surface de séparation très précise, à cause de la plus faible différence de densité avec l'eau, et à l'inexactitude des dosages pour de faibles teneurs de substance.

Dans le cas des solutions chlorhydriques normales ou deux fois normales mises en présence d'eau, les nombres varient en fonction du temps par suite de la variation prononcée du coefficient de diffusion avec la concentration.

La précision analytique, insuffisante quand on opère avec des solutions concentrées de teneur voisine, fait que les résultats sont aussi moins réguliers.

Les nombres suivants, exprimés en cm²/jour et ramenés à 16°, représentent la moyenne générale des coefficients de diffusion ainsi déterminés.

Concentration des deux liquides primitifs.	D cm²/jour $h^2 \simeq 1$.	$h^2 \simeq 0,28$.
ClH 0,01 *n* diffusant dans l'eau	2,25	–
ClH 0,1 *n* » »	2,19	2,16
ClH 0,5 *n* » »	2,18	2,14
ClH *n* » »	2,20	2,17
ClH 2*n* » »	2,30	2,25
ClH *n* » dans ClH 0,5 *n*	2,39	–
ClH 1,5 *n* » » ClH *n*	2,57	–
ClH 2*n* » » ClH 1,5 *n*	2,87	2,74
ClH 5*n* » » ClH 4,5 *n*	4,2	–

CHIMIE PHYSIQUE. — *Chaleur de formation du bicarbonate de lithium à l'état dissous.* Note de Mlle **Lucienne Lagarde**, présentée par M. Charles Fabry.

L'existence de CO^3LiH en solution a été démontrée (¹), en utilisant la loi de Guldberg et Waage. La fixité de la constante d'équilibre avait été vérifiée à la température de 16°,5. Cette constante a pour expression

$$\frac{[CO^3LiH]^2}{[CO^2][CO^3Li^2]} = K \quad \text{ou encore} \quad \frac{[CO^3LiH]^2}{A.P.[CO^3Li^2]} = K_1,$$

(¹) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 810.

P étant la pression de CO^2 supportée par la solution, A le coefficient de relargage de ce gaz par les sels dissous, λ le coefficient d'absorption de Bunsen pour le gaz carbonique; comme $[CO^2] = A.\lambda.P$, les constantes K et K_1 sont liées par la relation $K_1 = \lambda.K$.

De la variation de la constante K avec la température, j'ai pu déduire la chaleur de formation de CO^3LiH. Les expériences qui avaient été faites à 16°,5 ont été complétées par d'autres à 0°. Ces dernières, en tous points analogues à celles effectuées à 16°,5, ont fourni les résultats consignés dans le tableau ci-dessous ($t = 0°$).

P en mm. de Hg.	[Li] total.	$[CO^2]$ libre $+[CO^3LiH]$.	A.	$[CO^2]$ libre.	$[CO^3LiH]$.	$[CO^3Li^2]$.	K_1.
0	0,413	0	1		0	0,2065	
↓ 15,5	0,768	0,305	0,710	0,0011	0,608	0,080	0,420
↓ 32,5	0,873	0,3825	0,680	0,002225	0,760	0,0615	0,425
↓ 59,5	1,010	0,456	0,645	0,00389	0,904	0,053	0,423
↑ 104,5	1,150	0,5385	0,607	0,00638	1,064	0,0435	0,418
↓ 160,5	1,276	0,6095	0,578	0,00933	1,201	0,0375	0,418
↑ 259,6	1,430	0,700	0,552	0,01450	1,371	0,0295	0,443
↑ 276,6	1,460	0,715	0,544	0,0151	1,400	0,030	0,435
↓ 335	1,531	0,755	0,528	0,0178	1,475	0,0280	0,440
↓ 512,4	1,687	0,8445	0,499	0,0257	1,638	0,0255	0,428
↓ 708	1,824	0,924	0,470	0,0335	1,781	0,0215	0,443

On constate donc encore à cette nouvelle température la constance de K_1. Quand la pression s'élève de 15^{mm} à 708^{mm}, c'est-à-dire varie dans le rapport 1 à 47, l'écart maximum avec la valeur moyenne de K_1 est seulement de 3,5 %. Il en résulte que

	K_1.	λ.	K.
à 16°,5	0,195	1,02	0,192
0°	0,428	1,713	0,250

La valeur de K croît quand la température s'abaisse.

On peut alors calculer la quantité de chaleur Q dégagée dans la formation d'une molécule de CO^3LiH à l'état dissous par la réaction

$$CO^3Li^2 + CO^2 + H^2O = 2CO^3LiH.$$

Dans le faible intervalle de température de 0° à 16°,5, la thermicité de la réaction peut être supposée constante, et il est possible de confondre la dérivée $(d\,\mathrm{Log}K/dt)$ avec le quotient de la variation de LogK par l'écart de température (soit 16°,5).

Les valeurs obtenues dans nos expériences donnent ainsi

$$Q = -\frac{1}{2}\cdot\frac{R.T^2}{J}\cdot\frac{d\,\mathrm{Log}K}{dt} = 1338 \text{ petites calories.}$$

On peut, d'autre part, calculer la chaleur de formation X du bicarbonate de

lithium à partir de ses éléments. Soit le cycle de réactions

$$\begin{array}{c}(CO^2 + H^2O + CO^3Li^2) \xrightarrow{2Q} (2CO^3LiH) \\ \uparrow_{a+b+c} \quad (2C + 3O^2 + 2Li + H^2) \leftarrow_{-2X}\end{array}$$

où *a, b, c* sont les quantités de chaleur dégagées dans les réactions

$$C + O^2 = CO^2 + a \ldots\ldots\ldots\ldots \quad a = 99900^{cal}$$
$$C + 3/2\,O^2 + 2Li = CO^3Li^2 + b \ldots\ldots\ldots\ldots \quad b = 294000$$
$$H^2 + 1/2\,O^2 = H^2O + c \ldots\ldots\ldots\ldots \quad c = 69000$$
$$X = Q + 0{,}5(a + b + c) = 232788^{cal}.$$

Muller (²) a donné une valeur de X déduite d'une méthode basée sur la mesure des chaleurs de neutralisation, par un même acide fort, d'une part de la lithine dissoute, d'autre part d'une solution de carbonate de lithium saturée de gaz carbonique sous la pression atmosphérique. Mes expériences ont montré, ce que l'auteur supposait sans le justifier, que, pour une telle pression, le carbonate de lithium se retrouve presque intégralement à l'état de bicarbonate (2,8 % seulement restent à l'état de CO^3Li^2). Par suite sa détermination est très sensiblement correcte; elle donne comme valeur $X = 232600^{cal}$, nombre qui est en bon accord avec le nôtre, étant données les erreurs possibles dans ces mesures.

La concordance de ces résultats constitue une vérification intéressante, soit du principe même de la méthode que j'ai utilisée pour démontrer l'existence du bicarbonate de lithium, soit de la conclusion à laquelle j'étais arrivée touchant la transformation du carbonate neutre en carbonate acide sous l'influence de l'acide carbonique en grand excès.

CHIMIE MINÉRALE. — *Formule développée de l'acétate complexe de glucinium.* Note de Mlle **Marie-Louise Quinet**, présentée par M. Pascal.

L'acétate *basique* de glucinium $(CH^3CO^2)^6Be^4O$ [Urbain et Lacombe, puis G. B. Field (¹)], est, d'après ces auteurs, insoluble dans les acides et dans les bases. Il n'en a jamais été donné de formule développée.

Celle-ci doit pourtant montrer que le glucinium est dissimulé; d'autre part l'examen de ce complexe aux rayons X, fait par W. Bragg et G. T. Morgan (²), montre une distribution tétraédrique des valences de glucinium. On peut donc l'écrire

```
              O
              ||
  A         Be         A
   >Be<          >Be<
  A         Be         A
           /  \
          A    A
```

Fig. 1.

où A représente (CH^3CO^2) et où le glucinium serait tétracoordiné.

(²) *Annales de Chimie et de Physique*, **15**, 1888, p. 517.

(¹) *J. Am. Chem. Soc.*, **61**, 1939, p. 1817.

(²) *Proc. Roy. Soc.*, A, **104**, 1923, p. 437.

Mais cette formule soulève plusieurs difficultés. Le glucinium n'a que deux électrons de valences. Ces deux électrons servant à faire les liaisons avec 4 glucinium entre eux, il n'y a donc plus d'électrons pour réunir les liaisons avec les groupes (CH^3CO^2).

D'autre part les groupements (CH^3CO^2) n'existent certainement pas, dans ce composé, à l'état d'ions monovalents, puisque les acides ne l'attaquent pas, même à la température de 100°.

Il faut donc concevoir des liaisons semi-polaires où l'oxygène serait *donneur* vis-à-vis de glucinium *accepteur* : le glucinium aurait une coordinence de 6 et non de 4, comme il a été admis jusqu'à présent, et certains atomes d'oxygène seraient deux fois donneur (*fig.* 2).

Dans le groupement $Be \leftarrow O \rightarrow C\langle^{CH^3}_{O}$, le second oxygène garde un électron solitaire; il est possible qu'il forme avec l'oxygène du même groupement voisin $Be \leftarrow O \rightarrow C\langle^{O}_{CH^3}$ une liaison de covalence. La formule s'écrirait alors (*fig.* 3)

```
 H³C            O            CH³                     O
  |            ↓↓                       H³C          ↓↓          CH³
  C←O          Be          O→C             >C←O      Be      O→C<
 O/      ↘    /   \    ↙      \O          O/     ↘  /  \  ↙      O
          Be         Be                          Be      Be       |
 O\      ↗    \   /    ↖      /O          O\     ↗  \  /  ↖      O
  C←O          Be          O→C             >C←O      Be      O→C<
  |          ↗    ↖          CH³        H³C        ↗   ↖         CH³
 CH³        O      O                              O     O
            ↓      ↓                              ↓     ↓
       H³C—C        C—CH³                    H³C—C       C—CH³
            \      /                              \     /
             O    O      Fig. 2.                   O—O       Fig. 3.
```

Quant à l'oxygène, qui est seul combiné au glucinium, on peut : soit admettre qu'il ne soit qu'une fois donneur, et alors cet atome de glucinium serait tétracoordiné, alors que les trois autres seraient hexacoordinés; soit, mieux, admettre qu'il donne, avec cet atome de glucinium, deux liaisons semi polaires. Tous les atomes de glucinium seraient ainsi hexacoordinés.

Il se formerait ainsi des cycles à 7 atomes dont la stabilité est assez grande. On voit de plus apparaître dans ce schéma la structure

```
      O          O
R—C↗—O—O—↖C—R
```

des peroxydes, corps très instables, ce qui explique les réactions parfois explosives que j'ai signalées dans la préparation de ce corps ([3]).

La formule que je propose permet d'établir, en outre, la constitution de nombreux sels basiques de glucinium déjà préparés et, en particulier, celle de

([3]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 675.

l'acétate que j'ai obtenu ([3]), de formule $(CH^3CO^2)^2Be, 3BeO$ qui s'écrit

```
              O
              ↓↓
              Be              CH³
            /    \          O→C
           /      \        ↙    \O
      O⇄Be          Be
           \      /  ↖          O
            \    /      O→C/
              Be             CH³
              ↑↑
              O
```

Fig. 4.

où les atomes de glucinium sont toujours hexacoordinés.

CHIMIE MINÉRALE. — *Cristallisation du soufre insoluble*. Note de MM. **Charles Dufraisse, Christian Pinazzi** et **Jean Baget**, présentée par M. Marcel Delépine.

La catalyse positive par le rubrène de la formation photochimique du soufre insoluble nous procurait un moyen nouveau d'agir sur cette transformation; nous avons recherché si elle ne nous permettrait pas d'obtenir pour la première fois en cristaux cette forme allotropique de l'élément, qui n'était connue jusqu'ici qu'à l'état amorphe.

Nous nous sommes inspirés des résultats inédits d'expériences effectuées par l'un de nous sur la cristallisation de l'or. On obtient en effet ce métal en cristaux de formes géométriques parfaites, tétraèdres entre autres, en réduisant le chlorure dans un gel d'acroléine ([1]). Cette cristallisation avait été attribuée à un retard imposé par la texture du milieu à la précipitation du métal, ce qui donnait aux molécules le temps de s'orienter suivant le réseau cristallin. Nous avons essayé de voir si le même résultat ne serait pas obtenu dans la précipitation photochimique du soufre.

Effectivement, si l'on irradie une solution sulfocarbonique de soufre contenant un peu de rubrène et assez de caoutchouc pour immobiliser le liquide, on constate un ralentissement de la transformation photochimique, et le soufre se dépose en cristaux.

La principale difficulté du travail a consisté à extraire ces cristaux en un état satisfaisant de pureté. La lumière produit en effet une certaine vulcanisation du caoutchouc, qui le rend insoluble dans tous les solvants. Nous avons, tout d'abord, éliminé cet ingrédient par voie chimique. Le choix du procédé était limité, puisque les réactifs dégradant le caoutchouc, comme les oxydants, attaquent également le soufre. On a utilisé l'ozone en tétrachlorure de carbone.

Par la suite, nous avons trouvé fortuitement dans l'huile de cèdre un réactif

---

([1]) On a réalisé également une cristallisation de l'or en gel de silice (H. N. Holmes, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 43, 1928, p. 271).

peptisant, qui désagrège à la longue le caoutchouc vulcanisé et permet de l'enlever par l'action ultérieure d'un mélange approprié de solvants.

Dans ces manipulations, deux précautions particulières étaient à prendre : éviter de briser les cristaux, qui sont très friables, et se mettre à l'abri de toute matière insoluble, dont l'élimination n'est pas possible, ce qui obligeait à purifier préalablement le caoutchouc.

Voici un type de technique :

Les irradiations étaient effectuées à l'abri de l'air, sur un mélange de soufre, de caoutchouc purifié et de rubrène, dans les proportions respectives de 200, 100 et 2 grammes par litre de solution en CS^2. La masse était exposée à la lumière diffuse deux ou trois jours.

Le traitement consistait en lavages nombreux et prolongés par CS^2, suivis d'une macération de quelques jours dans l'huile de cèdre; après quoi on lavait avec des mélanges à base d'éther de pétrole et de tétraline. Ce traitement était repris plusieurs fois.

Les progrès de la purification étaient suivis par l'analyse; on est arrivé ainsi à des titres en soufre de l'ordre de 98,6 %, teneur suffisante pour affirmer que les cristaux étaient formés de soufre élément et non pas d'un composé sulfuré.

D'autres épaississants ont été essayés : opanol, chlorocaoutchouc, métastyrolène. Les résultats ont été moins bons qu'avec le caoutchouc.

La cristallisation du soufre insoluble présente quelques particularités constantes, que l'on observe dans les reproductions photomicrographiques ci-jointes, prises *in situ* dans le gel. On voit apparaître d'abord des cristaux transparents, anisotropes, de forme caractéristique en rectangles avec deux côtés arqués, figurant un profil de tonnelet (*fig*. 1), puis l'accroissement se

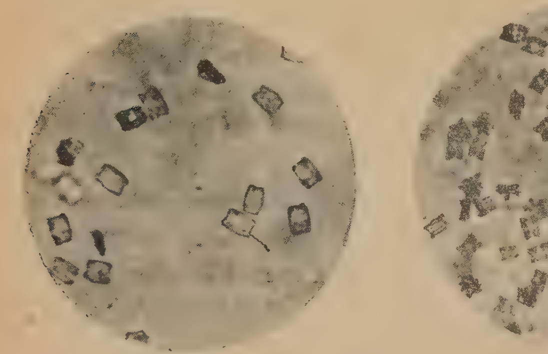


Fig. 1.

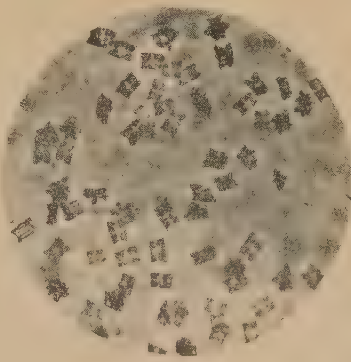


Fig. 2.

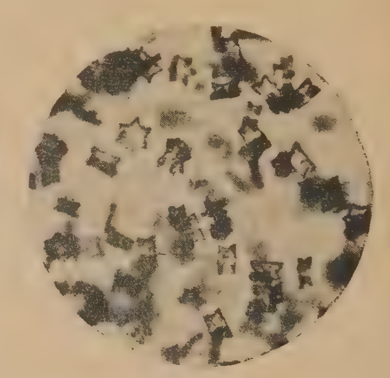


Fig. 3.

produit plus activement par les sommets, d'où résultent progressivement des formes en rectangles échancrés (*fig*. 2); après quoi la régularité se brouille par développement désordonné. On observe souvent des macles en étoile à six branches (*fig*. 3) et, plus rarement, en croix. Les cristaux, au moins au début, sont des lames qui, vues sur la tranche, sont en courtes aiguilles; avant brouillage de la régularité de croissance, leurs dimensions sont de l'ordre de quelques centièmes de millimètre.

Nous nous occupons de déterminer quelques constantes physiques des cristaux de soufre insoluble.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Existence de formes tautomères, colorées en lumière visible, des dérivés hydroxylés du phénylxanthène.* Note de M[me] **Pauline Ramart-Lucas**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Bien que l'étude de la structure des dérivés hydroxylés du xanthène (résorcine benzéine, fluorescéine, éosine) ait donné lieu depuis plus d'un demi-siècle à de nombreuses recherches, l'existence de formes tautomères colorées de ces substances n'avait pas même été envisagée.

Or il a été récemment établi ([1]) que les benzaurines, phtaléines, sulfonaphtaléines... peuvent, en milieu neutre, prendre trois formes colorées dans le visible, transformables les unes en les autres réversiblement (formes désignées par A, B, B′). Les corps de la première série tels que la résorcine benzéine (I), la fluorescéine (II), ne diffèrent de ceux de la seconde benzaurine (III), phénolphtaléine (IV) que par la présence, dans leur molécule, d'un atome d'O liant deux des noyaux aromatiques.

(I)	(II)	(III)	(IV)
O; HO, =O; C; C^6H^5	O; HO, =O; C; C^6H^4COOH	HO, =O; C; C^6H^5	HO, =O; C; C^6H^4COOH

D'après ce que l'on connaît des relations entre la structure des corps organiques, leur comportement chimique et leurs spectres d'absorption, il était à penser qu'à cette parenté de structure doit correspondre une analogie à la fois dans leurs absorptions et dans leurs possibilités de métamorphoses.

Cette hypothèse s'est trouvée vérifiée pour tous les corps étudiés. Il ne sera exposé ici que ce qui concerne (I), corps le plus simple des colorants hydroxylés du phénylxanthène. L'analyse spectrale de ce composé et de ses éthers, effectuée dans des conditions très variées de solvants et de dilutions, a donné des résultats qui permettent d'énoncer les conclusions suivantes :

1° *La résorcine benzéine et ses dérivés possèdent les mêmes possibilités de métamorphoses que les corps des séries* (III) *et* (IV). *Ils peuvent, dans les solvants neutres, exister sous trois formes tautomères (également désignées par* A, B, B′), *colorées dans le visible.*

Toutes choses égales par ailleurs, la présence de l'O pontal a seulement pour effet de modifier la façon dont l'équilibre se trouve déplacé suivant le milieu.

([1]) M[me] Ramart-Lucas, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 67 et p. 244; *Bull. Soc. Chim.*, **9**, 1942, p. 928; **10**, 1943, pp. 127, 125, 279, 282 et 290; *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 24.

Dans toutes les solutions neutres étudiées, les trois formes coexistent et (contrairement à ce qui se passe dans la série du triphénylméthane), leur équilibre varie peu quand on change le solvant et la dilution.

2° *Lorsque la benzaurine et la résorcine benzéine se trouvent sous une même forme, les bandes d'absorption qui caractérisent les spectres de ces deux corps ont tout à fait la même allure.* On note seulement que, si l'on passe de (I) à (III), l'absorption est déplacée vers le rouge, et les positions respectives des bandes sont modifiées.

Dans le tableau suivant sont indiquées les positions des maxima d'absorption des bandes exprimés en fréquence $\nu.10^{-12}$, qui forment le spectre de la résorcine dans divers milieux et les formes dont la présence a pu être nettement établie par l'analyse spectrale.

Solvant.	Normalité.	Formes présentes.	600 — 700 — 800 — 900 — 1000 $\nu.10^{-12}$
Dioxane........	N/2000	A, B, B′	
$CH\,Cl^3$............	»	A, B, B′	
CH^3OH............	»	A, B, B′	
CH^3CH^2OH........	»	A, B, B′	
»	N/20 000	A, B, B′	
Na OH alc.........	»	— B —	
» aq..........	»	— B —	
CH^3CO^2H..........	N/2000	A, B —	
»	N/20 000	A, B —	
$CH^3OH + ClH$.....	N/2000	—— B′	
»	N/20 000	—— B′	
$CH^3CH^2OH + ClH$..	N/2000	—— B′	
» ..	N/20 000	—— B′	
SO^4H^2............	»	—— B′	
			600 — 700 — 800 — 900 — 1000 $\nu.10^{-12}$

▬ forme A ; ▬ ▬ forme B ; ▬ ▬ ▬ forme B′.

En définitive l'analyse spectrale de la résorcine benzéine, corps le plus simple des colorants hydroxylés du phénylxanthène, est susceptible d'exister sous trois formes colorées dans le visible, transformables les unes en les autres réversiblement. Comme dans le cas des dérivés hydroxylés du triphénylméthane, l'équilibre est déplacé en faveur de B en milieu alcalin et en faveur de B′ en présence d'acide fort. Le spectre de la forme A n'a pu être obtenu à l'état pur.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur les conditions du dépôt de la tangue dans la baie du Mont-Saint-Michel.* Note de MM. **Jacques Bourcart**, **Jean Jacquet** et **Claude Francis-Bœuf**.

La tangue, dont nous avons défini (¹) la nature lithologique, est le seul dépôt qui comble la vaste baie du Mont-Saint-Michel. L'épaisseur actuelle d'après divers sondages en est considérable. Elle dépasse de beaucoup celle des sables de plage, qui ne paraît par dépasser, sur l'estran, 1^{m} et même le plus souvent 50^{cm}. Il est d'ailleurs possible que, dans la baie, on puisse retrouver, sous l'actuelle, des tangues plus anciennes, comme c'est le cas, à l'intérieur, dans le marais du Mont-Dol (²), où plusieurs couches de tangue flandriennes sont séparées par des sols de végétation.

Le dépôt se fait actuellement très en amont dans l'estuaire des rivières, jusqu'aux limites de la marée dynamique. L'étude des constituants microscopiques et macroscopiques du produit nous a montré que l'on doit rechercher son origine au large de la grève actuelle. L'apport ne peut donc se faire que par des courants érodant en profondeur, c'est-à-dire des courants de marée. Les courants de vagues latéraux, qui devraient apporter des matériaux d'origine fluviale et continentale, des débris de coquilles de Gastéropodes littoraux ou de l'*algon* (³) provenant des prairies d'algues de la côte malouine, n'y jouent qu'un rôle restreint.

La baie est donc une zone en voie de colmatage par des produits *marins*. L'importance de l'apport y dépasse celle de l'ablation. Ceci s'explique en partie par le fait que la tangue résiste mieux à l'érosion en surface qu'un matériau granulaire sans cohésion propre comme le sable. Abandonnée à sec, et toujours contrairement au sable, elle résiste encore à l'érosion, surtout éolienne. Son comportement, dans les parties hautes, est presque analogue à celui d'un calcaire. Ces parties sont les *herbus* (ou butins) recouverts d'une végétation phanérogamique halophile, parcourus par des sortes de marigots en forme de cañons : les « *criches* » débutant par un cirque de source. En amont de ces cirques, on peut souvent encore observer un cours souterrain, marqué par de petits entonnoirs d'effondrement. Ce modelé indique, outre la grande cohésion du sédiment, une importante perméabilité.

(¹) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 469.
(²) Georges Dubois, *Thèse* (*Mém. Soc. Géologique du Nord*, **2**, 1, 1924, pp. 247-249).
(³) Jacques Bourcart, *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 542.

L'herbu est séparé de la grève lisse, nue, que l'on peut appeler *tanguaie*, par une petite falaise verticale, haute de 30cm à 1m, comparable au rebord qui sépare *schorre* et *slikke* dans les baies et estuaires envasés. La partie supérieure de la tanguaie est quelquefois parsemée de pieds de *Suaeda*, *Salicornia* et *Spartina Townsendi*.

Un rebord intermédiaire sépare parfois cette zone de la partie inférieure. L'un et l'autre de ces talus correspondent à une ligne où s'arrêtent des marées de deux types de hauteur. Mais, pour comprendre la formation de cette microfalaise, qui est une encoche sculptée par l'ablation marine dans le sédiment, il est nécessaire, croyons-nous, comme dans le cas d'une falaise rocheuse, de supposer que la tangue a pris, un moment donné, une pente plus forte que celle qui permettait son accumulation. Cette nouvelle pente peut s'expliquer par un relèvement vers l'intérieur de la partie supérieure de la zone de dépôt, actuellement conservée sous la forme des herbus, et même des polders et des marais. On pourrait trouver une indication d'un abaissement corrélatif de la tanguaie vers la mer dans le fait que la tangue se poursuit, très probablement, bien au delà du niveau des plus basses mers. En effet les Pholades, dont les coquilles sont rejetées en nombre considérable à la côte, ne vivent pas dans le sable, mais uniquement dans des roches calcaires (qui manquent complètement ici) ou dans des formations rigides comme la vase ou la tangue.

La tangue, comme nous l'avons déjà dit, est déposée en *lits* réguliers, séparés par des *joints* qui correspondent chacun à une émersion ([4]). L'épaisseur de chaque lit mesure l'apport d'une marée. Sur le talus de l'herbu, ainsi que sur les parois des criches, ces lits sont groupés, et chaque groupe séparé par un joint plus large. Le groupe correspond probablement à une série de marées de vive-eau, l'intervalle à une dessiccation plus accentuée du sédiment pendant la longue période d'émersion en morte-eau. Il serait donc possible d'évaluer la quantité de tangue déposée annuellement en chaque point.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'acide ascorbique sur la teneur en histamine de l'organisme. Mécanisme de cette action.* Note ([1]) de MM. **André Sévin** et **Jean Lavollay**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'histamine se forme normalement dans l'organisme par décarboxylation de l'histidine. Si l'on fait ingérer à un cobaye une grosse quantité d'histidine, on trouve, dans ses urines, une quantité importante d'histamine. Dans certains cas (surtout lorsque la destruction enzymatique de l'histamine est bloquée), la production d'histamine peut être telle qu'elle entraîne la mort de l'animal. Parmi les lésions qui apparaissent à l'autopsie, on doit noter de nombreuses hémorragies, en particulier du tube digestif.

([4]) Jacques Bourcart, *C. R. somm. Soc. Géol. France*, séance du 24 avril 1944.

([1]) Séance du 1er mai 1944.

De tels phénomènes hémorragiques constituent une des manifestations essentielles du scorbut. Nous nous sommes donc demandé si, dans la carence en vitamine C, il n'existe pas une hyperproduction d'histamine responsable de ces phénomènes.

Afin d'essayer de vérifier cette hypothèse, nous avons réalisé l'expérience suivante.

Deux cobayes normaux reçoivent un régime riche en acide ascorbique; on fait ingérer à chacun 300^{mg} de chlorhydrate de *l*-histidine et 300^{mg} de chlorhydrate de *l*-putrescine dissous dans 5^{cm^3} d'eau (la putrescine inhibe l'histaminase qui détruirait l'histamine au fur et à mesure de sa formation) (2). On recueille les urines pendant 24 heures et on y dose, sur l'intestin isolé de cobaye, l'histamine éliminée, soit 325^{γ} (9,1 γ/cm^3). Les animaux sont ensuite mis au régime scorbutigène (Shermann). Après 22 jours, la même épreuve donne une élimination de 70^{γ} d'histamine (soit 2,5 γ/cm^3).

D'autres cobayes, ayant un régime pauvre en vitamine C, éliminent, après traitement à l'histidine-putrescine, 125 γ/24 heures (2,7 γ/cm^3) et, après avoir reçu chacun, en 3 jours, 60^{mg} d'acide ascorbique (injections intra-péritonéales) 280^{γ} (10 γ/cm^3) après la même épreuve.

D'autre part le dosage de l'histaminémie (3) chez des cobayes normaux a toujours donné des chiffres plus élevés (0,54, 0,55, 0^{mg},58 $^0/_{00}$) que chez les scorbutiques (0,23; carence de 4 semaines); 0,31-0,28 (3 semaines); 0,47 (15 jours). (On obtient des résultats de même ordre en dosant l'histamine contenue dans les organes) (4).

Ces résultats sont contraires à notre hypothèse de départ. Afin d'élucider le mécanisme de cette action de la vitamine C, nous avons étudié l'influence de l'acide ascorbique sur les enzymes réglant la teneur de l'histamine dans l'organisme : histaminase et décarboxylase de l'histidine.

L'histaminase utilisée était le *Torantil Bayer*, dilué de façon à avoir 1 unité par cm^3. A 1^{cm^3} de solution de *Torantil* on ajoute l'acide ascorbique et le tampon phosphaté de pH 7,4 jusqu'à un volume total de 6^{cm^3}. On porte au bain-marie à 38°. Après 15 à 20 minutes on ajoute 100^{γ} d'histamine. Quatre heures après, on dose, sur l'intestin isolé du cobaye, l'histamine restant dans la solution. On trouve une inhibition d'oxydation qui est de 5 % avec 1/100 mg, atteint 15 % avec 5/100 mg, 20 % avec 1^{mg} et 40 % avec 5^{mg}. Pour des concentrations en acide ascorbique correspondant à plus de 5^{mg}, l'inhibition n'est que très peu augmentée (5).

---

(2) E. Werle, *Biochem. Z.*, 311, 1942, pp. 270-286.

(3) Barsum et Gaddum, modifié par Code, *J. Physiol.*, 89, 1937, p. 257.

(4) J. L. Parrot a déjà obtenu des résultats analogues (communication personnelle).

(5) La quantité d'acide ascorbique restant après 3 heures est les 7/10 environ de la quantité ajoutée.

Pour l'étude de la décarboxylase de l'histidine, nous avons opéré de même, mais en prolongeant l'expérience pendant 20 à 40 heures et en employant comme extrait diastasique le liquide de centrifugation, obtenu après broyage de foie ou de rein de cobaye avec du sable et extraction par l'eau ou par la solution de tampon phosphaté (pH 7,4).

A 1^{cm^3} d'extrait on ajoute de la putrescine (0,015 mol), l'acide ascorbique et le tampon (volume total, 6^{cm^3}). Après 15 minutes au bain-marie à 38°, on ajoute 10^{mg} d'histidine. On dose, sur l'intestin isolé de cobaye, l'histamine produite en fin d'expérience.

L'enzyme est activé par les petites doses d'acide ascorbique, le rendement étant environ doublé pour 5/100 mg (0,000044 mol); puis la production d'histamine décroît au fur et à mesure que la concentration de l'acide ascorbique augmente; elle est sensiblement égale à celle des témoins pour 5^{mg} (0,0044 mol). Pour des doses plus élevées, il y a inhibition, qui est totale pour 20^{mg} (0,0176 mol) ([6]).

En résumé, nos expériences établissent, 1° qu'aux concentrations physiologiques l'acide ascorbique active la décarboxylase de l'histidine; 2° que, dans les mêmes conditions, l'histaminase est partiellement inhibée; 3° que la production d'histamine *in vivo* est favorisée par la vitamine C; 4° que la quantité d'histamine existant dans l'organisme augmente en fonction de l'acide ascorbique; 5° qu'on ne peut, par conséquent, pas rendre l'histamine responsable des phénomènes hémorragiques du scorbut.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les conditions de production des gommes solubles et insolubles*. Note de M. **Louis Lutz**, présentée par M. Maurice Javillier.

J'ai montré, depuis plusieurs années, les relations qui existent entre la production des gommes pathologiques et le développement de nombreux Champignons lignicoles. Une question se posait cependant : pourquoi certains arbres sécrètent-ils des gommes solubles et d'autres des gommes insolubles ?

Pour la résoudre j'ai ensemencé, à l'aide de Champignons variés, des bois choisis parmi ceux produisant normalement des gommes solubles (Acacias gommiers) ou des gommes insolubles. Les cultures ont été prolongées pendant des temps variant entre 4 et 8 ans. Certaines ont été faites sur des bois simplement imbibés d'eau à refus et maintenus dans des tubes à pomme de terre garnis d'eau dans l'ampoule inférieure, puis capsulés à l'étain; d'autres éprouvettes ont été au préalable entourées d'un manchon de *Sphagnum*, suivant la technique que j'ai employée précédemment.

La plupart des échantillons ont donné lieu à une abondante production de

([6]) La quantité d'acide ascorbique restant après 20 heures est les 6/10 environ de la quantité ajoutée.

gommes : celles-ci, de même que l'eau renfermée dans l'ampoule inférieure des tubes, ont été essayées au point de vue de leur solubilité. Parmi les plus caractéristiques, je citerai :

Acacia Verek, bois ensemencé par *Xanthochrous hispidus*, 28/6 1936-20/7 1943. Gomme insoluble (à peine traces de gomme soluble).

Acacia Verek, aubier et écorce, *Leptoporus adustus*, juin 1936-juillet 1945. Gomme insoluble (traces indosables de gomme soluble).

Acacia Verek, aubier, *Asterula gummipara*, 28/6 1936-juillet 1943. Il n'apparaît pas de masse gommeuse insoluble à la surface du bois ou dans le liquide baignant l'éprouvette, mais ce dernier précipite copieusement par l'alcool : gomme soluble.

Acacia Seyal, écorce, *Xanthochrous hispidus*, 27/3 1935-17/6 1943. Gomme entièrement insoluble.

Acacia Seyal, bois, *Trametes gibbosa*, avril 1938-juillet 1943. Gomme presque entièrement insoluble (traces de gomme soluble).

Acacia mollissima, écorce et bois, *Xanthochrous hispidus*, 10/5 1935-2/8 1943. Gomme insoluble, fortement colorée par le tanin oxydé; l'alcool produit, dans le liquide baignant l'éprouvette, un très léger précipité de gomme soluble.

Hêtre, bois, *Fomes fomentarius*, gomme entièrement insoluble.

Hêtre, bois, *Dædalea quercina*, gomme entièrement insoluble.

Robinia pseudo-Acacia, bois, *Xanthochrous hispidus*, 4/9 1940-9/3 1944. Gomme insoluble.

Platane, bois, *Xanthochrous hispidus*. Gomme insoluble (traces de gomme soluble).

On voit ainsi que les Champignons lignicoles indigènes étudiés provoquent la sécrétion de gommes insolubles, même lorsqu'on les cultive sur les Acacias producteurs normaux de gommes solubles, tandis que l'*Acacia Verek* fournit une gomme soluble lorsqu'il est ensemencé par l'*Asterula gummipara*.

Ces résultats sont à rapprocher de ceux que j'ai obtenus précédemment ([1]) en cultivant sur de la gomme de Merisier l'*Asterula* et divers Champignons indigènes, notamment le *Stereum purpureum*, et qui ont abouti à une solubilisation, très rapide et complète par l'*Asterula*, plus lente et partielle par le *Stereum* et à peu près nulle par les autres.

Il est ainsi permis de conclure que ce n'est pas la nature botanique de l'arbre producteur qui conditionne la qualité de solubilité ou d'insolubilité de la gomme sécrétée, mais bien celle du Champignon parasite.

La séance est levée à 16h.

L. B.

([1]) Communication à la Société de Pharmacie de Paris, 3 mai 1944.

ERRATA.

(Séance du 4 janvier 1944.)

Note de M. *Victor Thébault*, Sur la géométrie du tétraèdre :

Page 26, ligne 4, *au lieu de* sont perpendiculaires, *lire* sont parallèles.

Page 27, ligne 17, *au lieu de* varie de 0 à ∞, *lire* varie de 0 à un maximum atteint quand le tétraèdre T est orthocentrique (Lagrange.)

(Séance du 13 mars 1944.)

Note de M. *Maurice Cotte*, Propagation d'ondes élastiques dans un milieu piézoélectrique :

Page 447, note (3), avant-dernière ligne, *au lieu de* 177.10^{10}, *lire* $0,23.10^{10}$.

(Séance du 3 avril 1944.)

Note de MM. *Michel Polonovski*, *René-Guy Busnel*, *Paul Chauchard*, Mme *Henriette Mazoué*, MM. *Marcel Pesson* et *Roger Vieillefosse* :

Page 609, ligne 1 du titre, *au lieu de* Action de la fluorescence , *lire* Action de la fluorescyanine....